

Incorporación de Conocimiento Matérico en los centros preuniversitarios. UPC – ELISAVA (UPF)

Bernat Faura López de Haro

ESEIAAT. Expressió Gràfica a l'Enginyeria (UPC)

Jose Luis Lapaz Castillo

ESEIAAT. Expressió Gràfica a l'Enginyeria (UPC)

Javier Peña Andres

ELISAVA. Director General

Resumen

Estamos rodeados de materiales pero desconocemos en un grado asombroso de dónde proceden o cuáles son sus características principales. Somos usuarios y consumidores poco críticos con los productos que nos rodean y los procesos por los que han sido fabricados, hecho que el conocimiento, concretamente el de la materia, solucionaría en gran medida.

Éste proyecto nace de la necesidad de adaptar y renovar el conocimiento matérico en los centros pre universitarios para asegurar un conocimiento objetivo, veraz y estructurado.

Existe una problemática y debate global respecto al modelo pedagógico actual y su adaptación a la realidad. Esta investigación pretende focalizar y establecer los retos que rodean el conocimiento de la Materia en el público *K-12*⁵.

La publicación **The Future of Materials Science and Materials Engineering Education** (NSF⁶, 2009) ya hace años que proclama la

⁵ K-12 es un término anglosajón para designar los alumnos que se encuentran en edades de hasta los 12 años.

⁶ NSF (National Science Foundation, <https://www.nsf.gov/>)

necesidad de aproximar la ciencia de los materiales a la educación, como elemento fundamental para afrontar la compleja realidad multidisciplinaria y cambiante.

Con el objetivo de investigar la problemática presentada se ha analizado el estado del arte de los movimientos pedagógicos a nivel global y los desafíos que éste presenta en el campo de la Materia.

Se ha procedido a realizar un plan piloto con la **Escola Lurdes**⁷ de Barcelona, para generar un ambiente centrado en la transmisión de conocimiento matérico a alumnos de primero y segundo de primaria, mediante un método innovador e integrador basado en el aprendizaje mediante proyectos.

Este documento muestra las líneas básicas así como ejemplos de las primeras actividades realizadas en el centro y la reflexión y justificación del proyecto educativo en vías de desarrollo al mismo tiempo que intenta responder a las cuestiones siguientes:

- ¿Puede la materia ser un elemento conector multidisciplinar que ayude a la implementación de los nuevos modelos pedagógicos que se están trabajando en la actualidad?
- ¿Se puede entender la materia como un código primario básico para realización de transmisión de conocimiento eficaz?
- ¿Qué aspectos pueden ser clave para mejorar el modelo pedagógico actual por lo que a conocimientos de la Materia se refiere?
- ¿Puede la materia entrar en la escuela para formar parte de sus recursos didácticos?
- ¿Cómo se puede transmitir el conocimiento de la materia de manera que entendamos su percepción emocional y sensitiva?

1. Contexto pedagógico actual

Como indican la multitud de libros y documentación consultada, es un momento crucial en la historia de la pedagogía científica. Los autores (Clarís & Riley, 2012) del artículo **Situation critical: critical theory and critical thinking in engineering education**, relatan la situación del contexto previo por el cual se ha establecido la

⁷ Escola Nostra Sra. De Lurdes (<http://www.escolalurdes.cat/>)

importancia de generar un cambio global en el modelo pedagógico actual.

Las vocaciones tecnológicas están decreciendo en la actualidad y los retos que plantea el futuro no hacen más que aumentar, por lo que existe una clara disrupción y problemática que hay que afrontar. Aspectos como el aumento exponencial de la población del planeta, el fin de los recursos naturales y el aumento de la contaminación, requiere de la necesidad de profesionales capaces de asumir los retos que se encontraran las nuevas generaciones. Es por ese motivo que la necesidad de perfiles transversales y completos se percibe más importante que nunca. Aspectos que promueve, entre otros, el movimiento STEM⁸, se han convertido en prioritarios para los estados de todo el mundo y de una relevancia vital.

La importancia del impulso de las profesiones tecnológicas es tal que recientemente, el gobierno de la Generalitat de Cataluña, ha realizado un plan de actuación, Plan STEMcat⁹, con la finalidad de impulsar las vocaciones científicas y tecnológicas.

El modelo actual ya está evolucionando hacia la dirección indicada como se puede constatar mediante el nuevo modelo pedagógico propuesto por la novaescola21¹⁰ en el territorio catalán. Organización

⁸ STEM, viene de las siglas en inglés Science, Technology, Engineering y Maths. Nace en 2005 como movimiento que agrupa distintas entidades, con el fin de impulsar esas competencias en la educación.

⁹ STEMcat. (28 de febrero de 2017) Organización para el impulso de las vocaciones científicas, tecnológicas, en ingeniería y matemáticas para promover un aumento en el interés por estos estudios con el fin de elaborar el plan estratégico para poderlo desplegar en las aulas a partir del curso 2017-2018.

¹⁰ Escolanova21 es una alianza que impulsa un proceso de trabajo conjunto entre escuelas, comunidad educativa, administraciones públicas, universidades e instituciones internacionales pero en un sistema educativo avanzado. <http://www.escolanova21.cat>

que no para de crecer y ampliar influencia a más niveles de la sociedad.

Estamos en un momento histórico dentro de la filosofía pedagógica, dónde la complejidad y rapidez con la que avanza la tecnología, obliga a un modelo pedagógico más eficaz y flexible centrado en generar los profesionales capaces de solucionar problemáticas transversales y cambiantes de modo multidisciplinar y creativo.

La Materia resulta un concepto clave en el entorno complejo y transversal que se presenta, por lo que hay que actualizar el modelo pedagógico tomando atención en el peso que ésta tiene y transmitir los conocimientos competenciales de modo eficaz.

De ese modo organismos como las bibliotecas de materiales o materiotechas, centradas en la generación de conocimiento de la ciencia de la Materia y su relación con el entorno que nos rodea, puede resultar una herramienta fundamental para la comprensión del conocimiento científico, y en concreto en la difusión de la Materia a la sociedad, objetivo principal de estudio del informe.

1.1. Estudio Recorrido competencial, centrado en el conocimiento Matérico

En primer lugar se ha realizado un estudio del recorrido completo dentro el modelo educativo, para tener una visión general y cronológica del contenido relativo a la Materia. El objetivo es analizar todo el recorrido educativo, empezando por la educación primaria, la educación secundaria obligatoria (E.S.O.) y el bachillerato tecnológico, ya que es el más científico y por lo tanto el que más competencias relacionadas con la Materia tiene. El motivo por el cual se ha realizado el estudio de todo el ciclo completo y no solo educación primaria, es visualizar el volumen y desarrollo para analizar la coherencia y progresión en todo el recorrido.

El gráfico se ha obtenido mediante páginas web de recursos didácticos asociados a la comunidad de Madrid (<https://www.educa2.madrid.org/web/cesar.arenas>) y País Vasco (<http://cpperalta.educacion.navarra.es/ciclo2/tema-4-la-materia-y-los-materiales/>)

El objetivo no es centrarse en el temario concreto sino en el volumen como idea aproximada del peso académico.

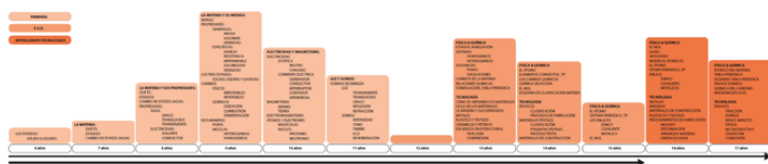


Figura 1. Gráfico del peso del conocimiento de la Materia a lo largo del sistema educativo español

Respecto a **educación primaria**, la mayor cantidad de contenido se establece en el segundo curso del ciclo medio, lo que correspondería a 4º de primaria. La progresión hasta ese punto es muy acelerada y basada en la repetición y suma de contenido como norma general.

También se observa que a partir de 4º la tendencia es claramente a la baja de forma clara y acentuada.

Una vez se entra en E.S.O. no aparece contenido de ningún tipo en el primer curso, por lo que los alumnos dejan de alimentar la estructura que tenían establecida. También aparecen nuevas asignaturas y otros cambios muy importantes debido al cambio de ciclo, que empeoran el nivel de conocimiento relativo a los fundamentos relacionados con la Materia de forma muy acentuada. Este punto resulta crítico en el desarrollo de la estructura del alumno a partir de los conocimientos recibidos.

Este vacío se ve contrastado por un volumen elevado de conocimientos en el segundo curso y una reducción paulatina de conocimiento hasta llegar a 4º. Cabe remarcar que, en el modelo estudiado para realizar el gráfico, el átomo, concepto fundamental para entender la Materia, no aparece hasta 3º. Ocurre el mismo fenómeno con la tabla periódica, la cual es fundamental para entender el código que rige los materiales y como se establece su clasificación. Por el contrario, la clasificación de los materiales se realiza en 2º; un curso antes de explicar la tabla periódica, hecho incoherente.

Dado que hay alumnos que escogen bachilleres no tecnológicos o científicos, su conocimiento obligatorio de los aspectos de la Materia finaliza en este punto.

Una vez entramos en el Bachiller Tecnológico, se observa el mismo fenómeno, es decir el primer curso tiene más temario que el segundo, por lo que el peso decae otra vez al acabar el ciclo.

1.2. Análisis de método de transmisión de conocimiento de la Materia en los centros universitarios

Con el fin de estudiar el método de transmisión de conocimiento empleado, se han investigado cuales son los más utilizados según criterios de las Ciencias de la información. Esta rama de la ciencia estudia la práctica del procesamiento de información y la ingeniería de los sistemas de información. Tiene un fuerte vínculo con las ciencias de la computación. El campo estudia la estructura, algoritmos, comportamiento e interacciones de los sistemas naturales y artificiales que guardan, procesan, acceden y comunican información. También desarrolla sus propios fundamentos conceptuales y teóricos y emplea conocimientos desarrollados en otros campos.

En Ciencias de la Información, se constituyen como temas clave el estudio de los conceptos dato, información, conocimiento y sabiduría, a los cuales se los suele organizar bajo la forma de una pirámide de menor a mayor complejidad, ubicándose la sabiduría en el vértice, y los datos en la base.

De ese modo se establecen dos modelos básicos de transmisión de información:

En el modelo **BOTTOM-UP** las partes individuales se diseñan con detalle y luego se enlazan para formar componentes más grandes, que a su vez se enlazan hasta que se forma el sistema completo. Las estrategias basadas en el flujo de información “bottom-up” se antojan potencialmente necesarias y suficientes porque se basan en el conocimiento de todas las variables que pueden afectar los elementos del sistema.

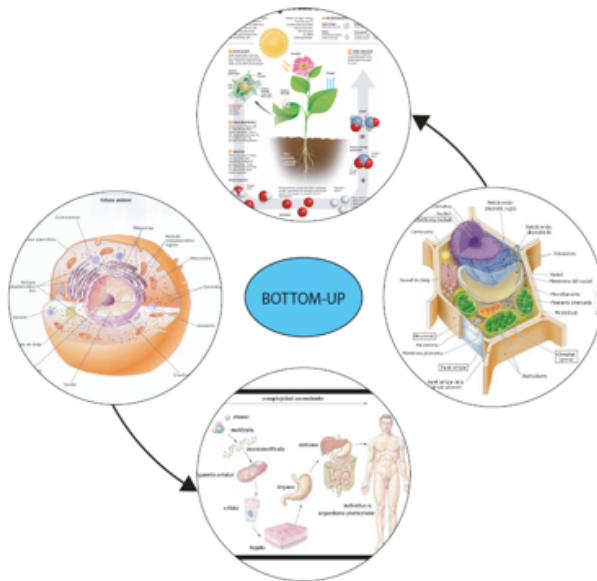


Figura 2. Ejemplos modelo Bottom-Up

En el modelo **TOP-DOWN** se formula un resumen del sistema, sin especificar detalles. Cada parte del sistema se refina diseñando con mayor detalle sin relación con otras partes.

Cada parte nueva es entonces redefinida, cada vez con mayor detalle, hasta que la especificación completa es lo suficientemente detallada para validar el conocimiento.

Analizados los contenidos de la asignatura de Ciencias de la Naturaleza, se establece que el conocimiento en la mayoría de bloques dentro de la asignatura, como los seres vivos o el ser humano, se utiliza el modelo **BOTTOM-UP**, por lo que el conocimiento empieza en un nivel nuclear y poco a poco va aumentando mediante la relación de estos núcleos de conocimiento con otras estructuras más elaboradas. Generando conocimiento de la misma forma que el lenguaje escrito o musical.

En cambio, en el tema de la Materia el método es **TOP-DOWN**, por lo que los distintos conocimientos no se relacionan entre ellos ni se explican de modo ascendente. Es decir, desde el concepto básico hasta la relación que se establece con estructuras más complejas.

Se puede constatar que existe una clara incongruencia, ya que la mayoría de conocimientos impartidos en la misma asignatura tienen un modelo **BOTTOM-UP**, mientras que en la parte relativa a la

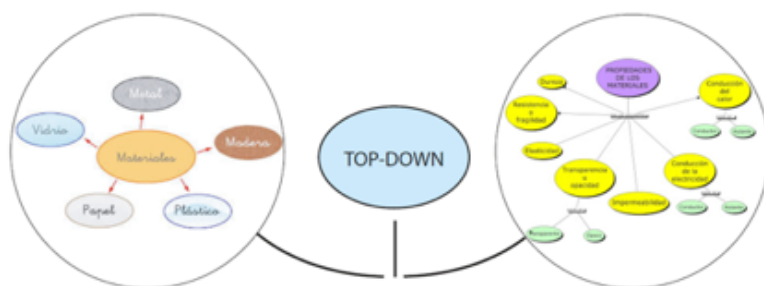


Figura 3. Ejemplos modelo Top-Down

Materia la transmisión de conocimiento, es, por el contrario, TOP-DOWN.

1.3. Reflexión estado de las competencias matéricas en el sistema pedagógico actual

Al analizar el contenido curricular oficial, se observa que el contenido relativo a la Materia tiene las características siguientes:

- Los contenidos son muy genéricos y no están relacionados entre si, ni tienen un orden concreto o lógico.
- No establece un ritmo de aprendizaje claro, ni ningún lenguaje para fundamentar los conocimientos.
- Pierde peso en el ciclo medio respecto al inicial. Eso se debe al concepto de la Energía que se describe sin relación alguna con la Materia. No se explica el fenómeno intrínseco de la Materia que genera el magnetismo.
- No relaciona conceptos como reciclaje o biodegradable con la Materia.
- Aparecen conceptos complejos (oxidación, fermentación, etc.) en el ciclo superior sin relacionarlos con los motivos que los causan a nivel interno de la Materia.

Relativo a la transmisión de conocimiento relativo a la Materia, se constata que existe incoherencia ya que la mayoría de conocimientos impartidos en la asignatura tienen un modelo BOTTOM-UP, mientras que en la parte relativa a Materia la transmisión de conocimiento es por el contrario TOP-DOWN. Esto implica que los conocimientos no quedan bien estructurados ni arraigados por parte del alumno. Éste hecho explica como los adultos de la sociedad actual tienen los conceptos relacionados con la Materia totalmente difuminados y mezclados.

El peso que tiene la Materia en la educación primaria está mal planteado y es incoherente con el resto del temario impartido dentro de la asignatura de Ciencias de la Naturaleza.

Estos datos son una prueba del nivel con el cual los alumnos empiezan la educación secundaria obligatoria. En dicho ciclo las bases no han sido implantadas y por lo tanto el grado de entendimiento es mínimo.

Por otro lado, la forma como se trata el concepto de la Materia no es coherente con el nuevo modelo pedagógico de la novaescola²¹. La Materia, principio presente en infinitad de elementos, objetos y problemáticas que nos rodean, no es de justicia que no tenga más peso y una estructuración eficaz competencial en el plan oficial. Hay que remarcar su relevancia y relación con temáticas tan importantes en el presente y futuro como:

- El cambio climático.
- La nanotecnología.
- El reciclaje y los materiales biodegradables.
- La biomedicina.
- La tecnología de impresión 3D.
- Los materiales inteligentes y sus aplicaciones.
- La transmisión de datos.
- El grafeno, etc.

Una vez analizada la posición de la Materia, se intuye que el problema persistirá, aunque el modelo pedagógico evolucione, si no hay voluntad de modificar y actualizar el temario y los contenidos impartidos. Se entiende que el problema es el **CÓMO** el **QUÉ** y el **CUÁNDO**.

La Materia puede actuar como concepto fundamental y conector para establecer un proyecto vehicular a lo largo del curso que relacione infinitad de aspectos intrínsecos de otras asignaturas, pues

está relacionada con aspectos interdisciplinares, como es el arte, la historia, educación plástica, etc.

Por otro lado, no se concibe el entendimiento de la Materia si no se establece un código primario mediante método BOTTOM-UP, en el cual se utilice alguna adaptación de la tabla periódica, así como explicar el átomo y los enlaces a edades tempranas para asegurar la correcta estructuración en el conocimiento del alumno.

Esforzarse en crear un código relativo a la Materia resulta de vital importancia para generar un perfil de estudiante del s. XXI capaz de afrontar los retos actuales. Adaptar ese código al nuevo modelo pedagógico es fundamental para la comprensión interdisciplinar del mundo que nos rodea.

2. Estudio y generación de un código Matérico propio e implantación mediante un plan piloto

Mediante la colaboración con personal docente de la escuela Lurdes de Barcelona, se establecieron una serie de objetivos para la realización del código que facilitara la transmisión de conocimiento matérico mediante el espacio de ambientes que siguen los centros con metodologías de aprendizaje interdisciplinar centrados en el enfoque constructivista basado en los proyectos, basado en corrientes pedagógicas fundamentadas en la publicación **Educational Research and Innovation The Nature of Learning Using Research to Inspire Practice: Using Research to Inspire Practice** .

De ese modo el equipo se formó por expertos en la Materia y pedagogos con el fin de diseñar las actividades que giren alrededor de un código que aporte conocimiento real y estructurado mediante metodología STEAM y siguiendo un sistema de transmisión de conocimiento Bottom-Up.

Después de realizar distintas reuniones el equipo estableció los elementos siguientes como los fundamentos para generar conocimiento estructurado alrededor de la Materia.

- El **Carbono**, es el elemento que materializa la vida
- El **Oxígeno** representa la respiración y por lo tanto la acción vital.
- El **Hidrógeno**, es la energía para la vida.
- El **Silicio** es el elemento que nos comunica con la tierra.
- El **Hierro** nos polariza.

Una vez establecidos los elementos a partir de la cual construir conocimiento matérico se procedió a pensar las actividades que justificarían y generarían el conocimiento.

El objetivo del proyecto es generar actividades que conecten las distintas competencias dentro del currículum pedagógico tales como la lingüística, matemática, de comunicación, artística, conocimiento del medio, etc. Por ese motivo es muy importante trabajar de mano de pedagogos con mucha experiencia con el fin de generar actividades donde las metodologías activas, el aprendizaje basado en proyectos, basado en la comprensión , los problemas, cooperativo se concreten mediante la generación y reflexión a través de un método científico.

2.1. Plan piloto. El Carbono

El código Matérico empieza con el Carbono como elemento inicial para la generación de conocimiento matérico por distintos motivos. El Carbono es el elemento fundamental en la Química orgánica y por lo tanto en todo aquello que respire y viva aspecto fundamental para la comprensión y que lo hace idóneo para ser el punto de inicio.

Mediante el carbono también se plantean preguntas relativas a aspectos más genéricos como la materia, de que se compone, la explicación del átomo y los elementos como punto inicial a partir del cual construir conocimiento.

De éste modo se generaron tres actividades que giraran alrededor del Carbono y que se fundamentaran en la experimentación y la investigación como promueve la metodología STEAM.

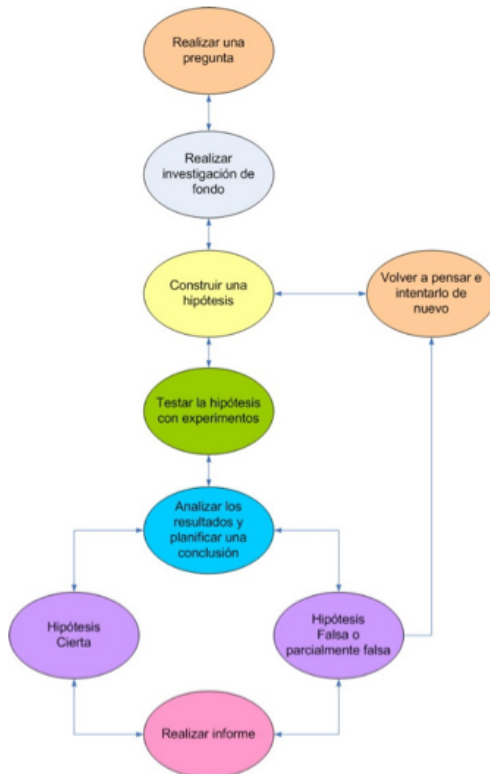


Figura 4. Método simplificado de las etapas del método científico (Wikipedia)

2.1.1. El Carbono Construye

Los objetivos de la primera sesión es Re-Conocer a través de la acción y la observación.

En esta sesión hay un doble objetivo: Que los niños se inicien en hacer una acción que repetida una y otra vez los lleve al entendimiento de un concepto y que, posteriormente, contemplando lo que han hecho puedan entender parte de la naturaleza del objeto de estudio. Es decir, conocer a través de la técnica.

En el taller los alumnos rompen trozos de pan para plantear dudas y observaciones de la materia al mismo tiempo que se les plantean las iniciales del código que aprenderán: C, O, H, Si y el Hi.

Los alumnos entran por primera vez en el laboratorio de la escuela y se les explican particularidades del espacio y sus posibilidades entre otros conocimientos.



Figura 5. Primera sesión del ambiente Matérico

A través de la experimentación los alumnos han entendido que el Carbono en función de la disposición de sus átomos puede ser distintas cosas y todo ello des de la experimentación y estableciendo unas reglas muy claras y sencillas pera la generación de estructuras, el átomo de Carbono puede unirse a cuatro átomos más como máximo.

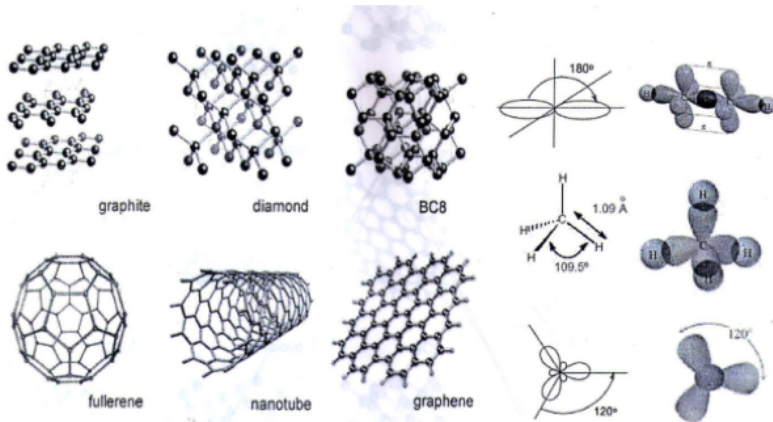


Figura 6. Estructuras del Carbono (Wikipedia)

2.1.2. El Carbono Ensucia

En la segunda sesión el objetivo es conocer a través del arte.

En esta sesión hay un doble objetivo: Que los niños descubran una de las naturalezas del carbono y que lo hagan a través de la creación artística y la experiencia estética.

En esta sesión los alumnos entendieron que el carboncillo es grafito, mediante una base teórica que reforzaba los conocimientos de la sesión anterior referentes a la estructura y al simular la estructura del grafito, formada por capas, entienden que al dibujar las capas se desprenden del material y quedan adheridas en el papel de forma experimental y real.

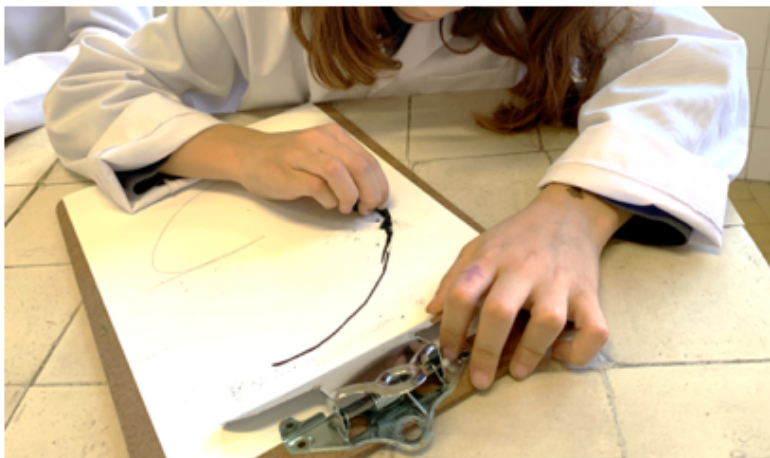


Figura 7. Segunda sesión del ambiente Matérico

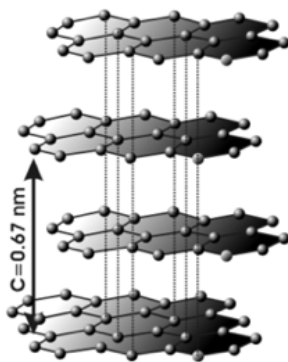


Figura 8. Estructuras del
Grafito (Wikipedia)

2.1.3. El Carbono Filtra

Conocer a través de la ciencia.

En esta sesión hay un doble objetivo: Que los niños descubran una de las naturalezas del carbono y que lo hagan a través del método científico.

En esta sesión los alumnos hacen una previa donde se consolidan los conocimientos de las sesiones anteriores y se entra en el laboratorio con el objetivo de presentar herramientas nuevas para realizar la práctica como son utensilios típicos de medida como son el vaso de precipitados, una varilla de vidrio para mezclar, y se les avisa de que son objetos delicados y de precisión.

El objetivo de la jornada es que los alumnos mediante el juego y la experimentación realizan hipótesis sobre como separar productos mezclados en el agua con distintos utensilios entre ellos malla metálica, y otros objetos.



Figura 9. Tercera sesión del ambiente Matérico

El objetivo es que entiendan que el carbono activo es el único método capaz de separar y filtrar el agua mezclada con pigmento por sus características.

2.1.4. Cierre y Reflexión

En la última sesión los alumnos hicieron una recopilación de todos los conceptos explicados con el fin de consolidar el conocimiento.

Generando preguntas respecto a aspectos como los átomos, la materia y el carbono. También de la necesidad de ordenar esos elementos mediante una tabla, la **Tabla periódica**, que poco a poco se irá introduciendo a los alumnos. Estas preguntas se plasmaron



Figura 10. Cuarta sesión del ambiente Matérico

mediante la grabación de los alumnos y sus reflexiones para poder analizar los resultados obtenidos y tener datos objetivos para generar un marco teórico mediante una investigación cualitativa, a medida que avance el plan piloto y se generen datos.

2.2. Conclusiones

Una vez analizado el desarrollo de la generación del código Matérico formado por los cinco elementos que actuaran como las vocales del lenguaje escrito, el objetivo es establecer desafíos y oportunidades que generen una implementación en el modelo pedagógico actual, focalizado en el conocimiento, transmisión y estructuración de la Materia a lo largo del ciclo correspondido por educación primaria.

Con el fin de resolver las preguntas de investigación planteadas en el inicio del proyecto, se procederá a su análisis y reflexión aportando soluciones justificadas mediante el informe presentado.

¿Puede la materia ser un elemento conector multidisciplinar que ayude a la implementación de los nuevos modelos pedagógicos que se están trabajando en la actualidad?

La Materia se ha constatado como modelo de transmisión de conocimiento eficaz y conector multidisciplinar que ayude a la implementación de nuevos modelos pedagógicos enfocados al público k-12. En primer lugar, porque la experiencia así lo corrobora, segundo porque es un activo de innovación y el tercero porque es todo lo que nos rodea, por lo que es muy fácil de entender el juego a través de lo cercano. Entender la realidad a través de la experimentación es un elemento fundamental de cualquier modelo pedagógico, y la Materia tiene todos estos condicionantes a su favor.

La Materia se está trabajando como si fuera algo muy abstracto cuando en realidad no lo es. Por ejemplo, es mucho más abstracto el

lenguaje numérico o escrito y la metodología impartida para su aprendizaje es un éxito contrastado.

Como elemento conector la Materia es clave, ya que conecta la vida con el aprendizaje del contexto en el que vivimos. No entendemos el contexto matérico que nos rodea porque el modelo pedagógico no tienen la capacidad de explicarlo de manera correcta.

¿Se puede entender la materia como un código primario básico para realización de transmisión de conocimiento eficaz?

En la actualidad el código Matérico más conocido es el de la tabla periódica, pero no es entendible por la mayor parte de la sociedad y ha sido apropiado por la industria química, que no ha protegido el código como lenguaje básico, sino que se utiliza de forma compleja y poco entendible para la sociedad. Es necesario empezar a entender la Materia como un código independiente de la química, simple y claro. Explicándolo cuanto antes mejor y relacionado con el entorno que nos rodea y no de forma abstracta.

¿Qué aspectos pueden ser clave para mejorar el modelo pedagógico actual por lo que a conocimientos de la Materia se refiere?

Es necesario ordenar el conocimiento, adaptarlo y trabajar de la misma forma que se trabaja en otros ámbitos. Cuando existe el conocimiento siempre se trabaja de modo Bottom-up y no Top-Down. Es la forma eficaz y contrastada de transmitir y estructurar el conocimiento. En la actualidad la Materia se trabaja de modo erróneo mediante Top-Down.. Hay que adaptar y ordenar el conocimiento mediante el modelo Bottom-up.

¿Puede la materia entrar en la escuela para formar parte de sus recursos didácticos?

No hay duda, igual que los libros, debe formar parte del material pedagógico al alcance de los alumnos. Como se ha analizado en el informe, existe un modelo de éxito que ha revolucionado la difusión del conocimiento de la Materia a público profesional y universitario, las materiotecas. Hay que adaptar y modificar el modelo ya existente con el fin de incorporar muestras a las escuelas, en sus laboratorios o en las bibliotecas. Al mismo tiempo es importante generar sinergias, por ejemplo, la Materia puede estar dentro de los FabLabs, que a su modo deben estar dentro de las escuelas. Lo importante no es en qué lugar específico, sino que este dentro y hay múltiples posibilidades ya que los factores existen.

¿Cómo se puede transmitir el conocimiento de la materia de manera que entendamos su percepción emocional y sensitiva?

La única respuesta posible es mediante la propia Materia. Es necesario tocar, experimentar, y sentir para entender y estructurar el conocimiento de la Materia de modo eficaz.

De este modo podemos afirmar que la Materia representa una oportunidad para estructurar conocimiento interdisciplinar en los centros pre universitario, ya que es coherente con las corrientes pedagógicas innovadoras de los educativos, como lo demuestra el éxito conseguido en el plan piloto realizado.

De igual forma es necesario seguir avanzando para completar las actividades programadas y analizar el impacto cualitativo en los alumnos y el grado de conocimiento adquirido y bien estructurado.

Referencias

- BAZLER, J.; & VAN SICKLE, M. (2017). *Cases on STEAM education in practice*. Retrieved from <https://goo.gl/LbCEio> <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-2334-5>
- CAREY, A.; DZIENGEL, A.; SCARDINO, A., MARASHIAN, C.; ABRAHAM, D., CLARK, E. et al. (2016). *STEAM kids: 50+ science, technology, engineering, art, math hands-on projects for kids*.
- CHRISTENSEN, R.; KNEZEK, G.; & TYLER-WOOD, T. (2014). Student perceptions of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) content and careers. *Computers in Human Behavior*, 34, 173–186. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.01.046>
- CLARIS, L.; & RILEY, D. (2012). Situation critical: critical theory and critical thinking in engineering education. *Engineering Studies*, 4(2), 101–120. <https://doi.org/10.1080/19378629.2011.649920>
- GU, J.; & BELLAND, B. R. (2015). Preparing Students with 21st Century Skills: Integrating Scientific Knowledge, Skills, and Epistemic Beliefs in Middle School Science Curricula. *Emerging Technologies for STEAM Education*, 8(2015), 39–60. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-02573-5>
- HANNA, D.; DAVID, I.; & FRANCISCO, B. (2010). *Educational Research and Innovation The Nature of Learning: Using Research to Inspire Practice*. OECD. Retrieved from <https://www.oecd.org/edu/ceri/50300814.pdf>
- KARANA, E. (2010). How do Materials Obtain Their Meanings? METU *Journal of Faculty of Architecture*, 27(2), 271–285. <https://doi.org/10.4305/METU.JFA.2010.2.15>
- KARANA, E.; HEKKERT, P.; & KANDACHAR, P. (2008). Material Considerations in Product Design. *Materials & Design*, 29(6), 1081–1089. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2007.06.002>
- KARANA, E., HEKKERT, P., & KANDACHAR, P. (2009). Meanings of materials through sensorial properties and manufacturing processes. *Materials & Design*, 30(7), 2778–2784. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2008.09.028>
- NSF (2009). The Future of Materials Science and Materials Engineering Education.
- PEÑA ANDÉS, J. (2009). *Selección de materiales en el proceso de diseño: La naturaleza de la materia, plásticos, metales, cerámicas, compuestos, materiales adaptativos, fibra óptica y materiales para rapid manufacturing*. Ediciones CPG. Retrieved from <https://goo.gl/44DXEw>
- SOUSA, D. A.; & PILECKI, T. (2013). From STEM to STEAM: Using brain-compatible strategies to integrate the arts.

YAKMAN, G. (2012). Exploring the Exemplary STEAM Education in the U.S. as a Practical Educational Framework for Korea. *J Korea Assoc. Sci. Edu*, 32(6), 1072–1086. Retrieved from <https://goo.gl/Fpg0U9> <https://doi.org/10.14697/jkase.2012.32.6.1072>

